

二次元モデルから発生するエオルス音の特性

藤田 肇（日大総科研）

The characteristics of the Aeolian tone generated from two-dimensional models

Hajime Fujita
Nihon University

ABSTRACT

The characteristics of the Aeolian tone generated from two-dimensional cylinders with various cross sections are studied experimentally in a low noise wind tunnel. Models are a circular cylinder with 20 mm diameter, square cylinder of 20 x 20 mm cross section, square cylinder with rounded corners and a half-round-half square (HRHS) model. The Aeolian tone is found minimum in the HRHS model when circular part is facing to the flow. The Karman vortex generation occurred at far more downstream compared with other models and this is the reason for the minimum Aeolian tone generation.

Key Words: aerodynamic noise, Karman vortex shedding, circular cylinder, square cylinder

1. 序論

流れの中の二次元柱状物体から放出される Karman 渦によって発生するピーク性の音は、エオルス音 (Aeolian tone) としてよく知られている。エオルス音の特性を把握することは、高速車両のパンタグラフなどから発生する空力騒音を制御する上で重要である。ここでは、円柱、角柱その他変形断面モデルから発生するエオルス音の特性を実験的に研究し、モデル後流との関連から、エオルス音発生メカニズムとその制御法を考察する。

2. 実験装置

実験に使用した低騒音風洞は、噴出しノズル寸法 300 mm (幅) x 200 mm (高)、最大風速は 28 m/s であるが、ここに示す実験では 13.5 m/s を主として用いている。このときの暗騒音レベルは $L_A=25$ dB である。モデル長さは 200 mm であり、両端には流れとの干渉と音の反射を避けるために、音響透過性の端版が用いられている¹⁾。

使用したモデルは図1に示すように、直径 20 mm の円柱、1辺 20 mm の角柱(コーナーR 有無)および変形断面(HRHS)モデルであり、レイノルズ数は 19,000 程度である。

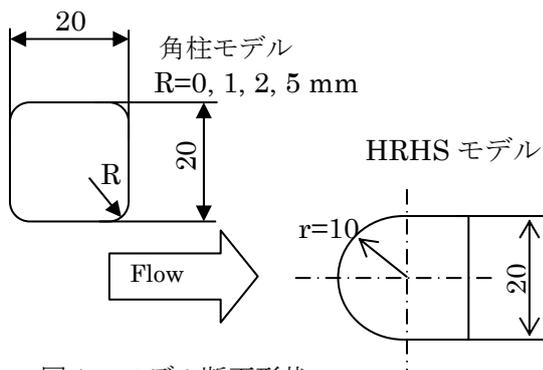


図1 モデル断面形状

3. 断面形状の発生音への影響^{2),3)}

角柱及びかまぼこ型のストロハル数を求めるための径は、迎角を付けたときの、正面から見た投影寸法を用いる。迎角は、HRHS 型は、半円柱部分が主流に正対する場合を 0° 、角柱部分が主流に正対する場合を 180° とする。実験は主流速度範囲 8~27m/s で行ったが、ここでは代表例として 13.5 m/s の結果を示す。

図2に、ストロハル数の、迎角に対する変化を示す。R=0の場合、従来の実験結果を再現しており、再付着の発生は約 13° である。Rの増加とともに、再付着の起きる迎角が減少し、かつストロハル数が増加する傾向が見られる。円柱のストロハル数が約 0.2 であり、迎角 0° におけるかまぼこ型角柱もストロハル数が 0.21 という値を示していることから、角柱に大きな R を付けることでストロハル数は増加し、次第に円柱のそれに近づいていくことが分かる。

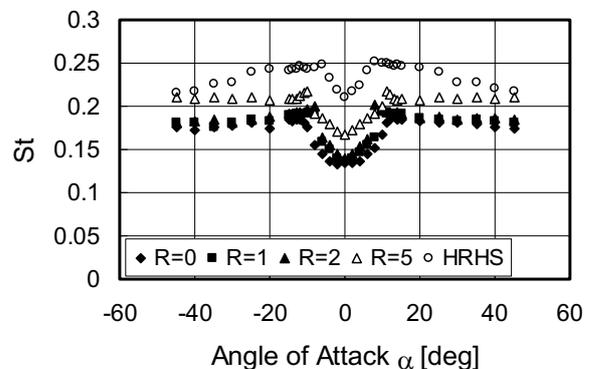


図2 ストロハル数の迎角に対する変化

図 3 にピークレベルの迎角に対する変化を示す。迎角 0° でのピークレベルは、 $R=0.5\sim 2\text{mm}$ においては R の増加とともに若干レベルが減少しているが、 $R=5\text{mm}$ では急激に減少しており、迎角 0° で“谷”となっている。迎角が $\pm 20^\circ$ 以上では R の増加とともにピークレベルが増加しており、 $\pm 45^\circ$ では、 $R=0$ と 5mm では 10dB もの差になっている。

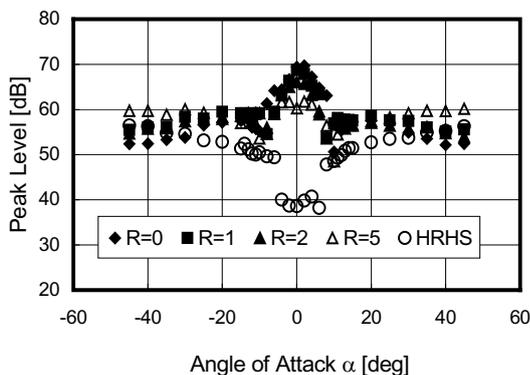


図 3 ピークレベルの迎角に対する変化

図 4 に、HRHS の迎角 180° 付近のストロハル数とピークレベル変化を示す。ストロハル数は $R=0$ 角柱の迎角 0° の場合とほぼ同様で、ピークレベルは $R=5$ の場合に近い。

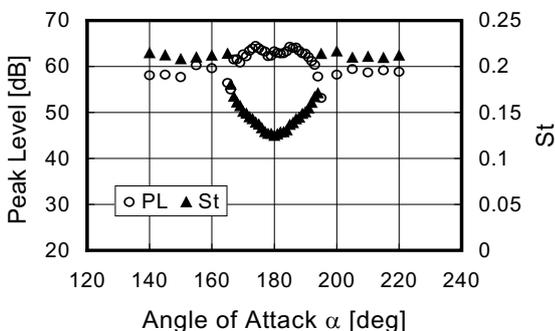


図 4 HRHS $\alpha=180^\circ$ ピークレベルとストロハル数

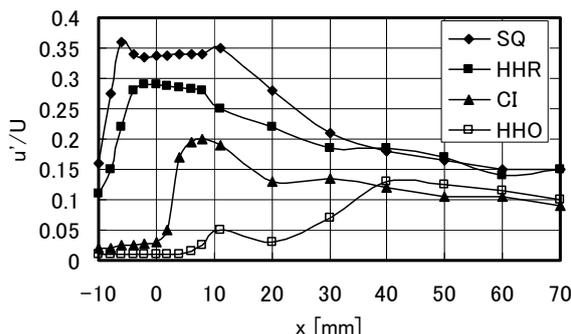
表 1 に、各角柱及び円柱($R=10$)と HRHS のピークレベルの比較を示す。 $\alpha=0^\circ$ の場合、 $R=0$ と HRHS では 30dB の差がみられ、円柱はそのほぼ中間の値となっている。 R が小さいほど前縁で大きな剥離渦が発生し、その結果ピークレベルが増加すると思われる。一方、 $\alpha=45^\circ$ では、 $R=1, 2$ では $R=0$ より若干増加し、 $R=5$ で最大となっている。これは、 $R=0$ では剥離点がシャープエッジに固定されているのに反し、 R が大きくなるにつれて剥離点の時間的変動が大きくなり、それに伴ってピークレベルが増加すると思われる。これは、HRHS($\alpha=180^\circ$)でさらに高いピークレベルを示していることから推察できる。

これらの結果から、円柱、角柱など鈍頭物体では、剥離渦を小さくすること及び剥離点を固定することがエオルス音の低減に有効と思われる。

表 1 Peak Levels [dB]

R	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=45^\circ$
0	69.4	52.4
1	68.8	55.5
2	66.1	54.3
5	60.3	60
10 (円柱)	52.0	52.0
HRHS	38.6	
HRHS	63.0 ($\alpha=180^\circ$)	

図 5 に、各モデルの後流中の速度変動の最大値を示す。HHO の後流では、モデル直後で速度変動がきわめて小さく、 $x=20\text{ mm}$ 程度から増加し始めて、 $x=40\text{ mm}$ で円柱とほぼ同じ後流構造になる。 $X=20\text{ mm}$ 以下ではカルマン渦は形成されず、他のモデルに比べてはるか下流の 40 mm 程度で渦が形成されることが、この場合ピークレベルが低いことの原因と思われる。



SQ: 角柱 $\alpha=0^\circ$, CI: 円柱, HHR: HRHS $\alpha=180^\circ$, HHO: HRHS $\alpha=0^\circ$

図 5 各モデル後流中の最大速度変動

4. まとめ

円柱、角柱(角の R 変化)、半円半角柱から発生するエオルス音のピークレベルとストロハル数を実験的に研究した。発生するカルマン渦が大きいほど、また渦の形成場所がモデルに近いほどピークレベルが高くなることが判明した。

参考文献

- 1) 藤田他 4 名, 機論 B62, (1966) pp. 187-193
- 2) 藤田, 羽吹, 機講論(流体工学部門講演会)G405, (2001)
- 3) H. Fujita, et al, Proc. INTER-NOISE 2006